

10. Animation

10.1 Introduction

- jusqu'à maintenant
 - scène à un instant donné
 - situation géométrique, physique, chimique
- évolution au cours du temps : 4ème dimension
 - systèmes électromécaniques (robotique...)
 - réactions chimiques (fluides, gaz...).
- Domaine moteur : la simulation
 - expérimentation difficile
collision, explosion
 - expérimentation coûteuse
simulateur de vol

Mouvement dans le temps

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Objet <ul style="list-style-type: none"> • Position • Orientation • Taille • Forme • Couleur • Transparence • Texture ■ Lumières <ul style="list-style-type: none"> • Position • Orientation • Intensité • Couleur • ... | <ul style="list-style-type: none"> ■ Observateur (caméra) <ul style="list-style-type: none"> • Position • Orientation • Point de visée • Angle de vue • Profondeur • Résolution |
|---|--|

Virtuel

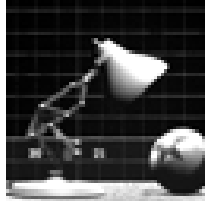
- On ne voit pas de caméra dans un miroir
- On ne voit pas de sources lumineuses dans un miroir
- Pas d'ombres de microphones
- Simulations sans danger
- Simulations de phénomènes *impossibles*
- Parfois moins cher!

Illusion de mouvement

- **Affichage de 24 images/s au moins**
 - Vidéo : 30 images /s
 - Infographie : 30-60-72 images/s
- **Animation temps réel**
 - **Système interactif**
 - Machines puissantes
 - Parallélisme
 - **Simplifications :**
 - textures et paysages
 - mouvement précalculés
- **Animation Image par image**
 - **Film**
 - Calcul image par image
 - sauvegarde puis rejeu

Animation

■ - quelques techniques d'animation classiques



■ adapté à l'animation d'acteurs humains

(la plupart des illustrations proviennent du LIG/EPFL.)

10.2 Principales méthodes d'animation

■ Animation basée sur la capture de mouvement

■ Interpolation des formes (images clés)

■ Interpolation paramétriques

■ Animation procédurale

Animation par capture de mouvement

■ Capture directe

- Bras humain contrôlant un bras d'un acteur de synthèse

■ Capture indirecte par système mécanique

- Souris, data glove, marionnettes digitales...
- Angles reportés

■ Capture indirecte par marqueurs optiques

- Marqueurs sur une personne
- Capteurs visuels + techniques de reconstruction
- Problèmes d'occlusion
ex : 4 caméras + vision artificielle

Motion Capture

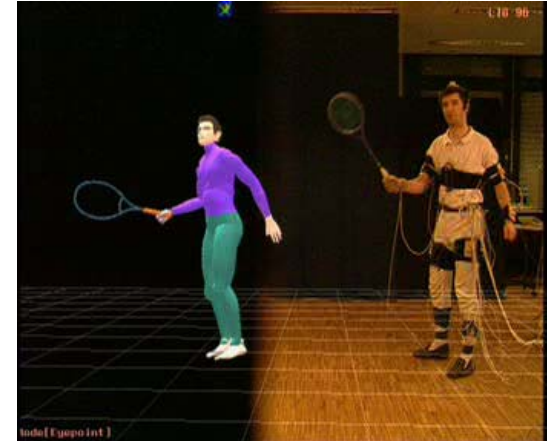


Animation par capture de mouvement

■ Capteurs magnétiques

- Position et orientation de chaque capteur
- Reconstruction directe du mouvement
- Ex corps humains , en général 11 capteurs
 - Tête
 - Chaque bras
 - Chaque main
 - Centre poitrine
 - Bas du dos
 - Chaque cheville
 - Chaque pied
- Cinématique inverse

Exemple : LIG (EPFL Suisse) 13 capteurs



Exemple : LIG (EPFL Suisse) 13 capteurs



Animation par capture de mouvement

■ Avantages

- Très réaliste
- Bien adapté à des systèmes complexes (marche humaine)

■ Inconvénients

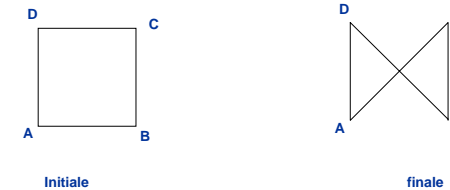
- Nécessité d'un modèle réel
- Nouveaux mouvements, nouveaux enregistrements
- Difficile avec interactivité
- Impossible situation dangereuse (chutes,...)

10.2 Principales méthodes d'animation

- Animation basée sur la capture de mouvement
- Interpolation des formes (images clés)
- Interpolation paramétriques
- Animation procédurale

Animation par interpolation de position clés

- Positions clés (keyframes)
 - Positions extrêmes
 - Travail sur les sommets
- Interpolation : généralement interpolation linéaire des positions
- Méthode très simple (primitive)



Animation par interpolation de position clés

- Pb : si pas le même nombre de sommets
- Prétraitements: égalisation du nombre de sommets
- Méthode : N1 et N2 : nombre initial et final
 - Si $N1 > N2$ alors
 - $RT = (N1 - 1) \div (N2 - 1)$
 - $RS = (N1 - 1) \bmod (N2 - 1)$
 - Ajoute RT sommets aux RS premiers segments
 - Ajoute RT-1 sommets aux autres

Animation par interpolation de position clés

- Adapté à des mouvements simples (peu de dynamique)
- Sur corps simples et rigides
- Positions intermédiaires (*in-betweens*)
- Très utilisé dans la plupart des systèmes (softimage, 3DS...)
- La plupart des animations ont recourt à cette méthode (partiellement)
- Mal adapté aux rotations.

Morphing

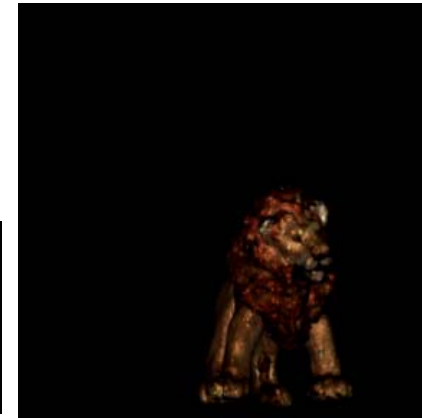
■ Extension de la méthode aux pixels

- De Mona Lisa à Cindy Crawford



Morphing 3D

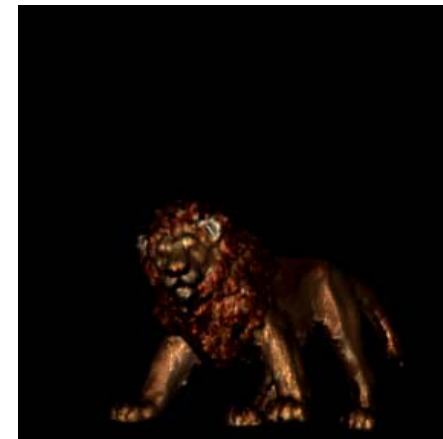
■ Morphing 3D : objets graphiques, méthodes complexes (Stanford university)



Morphing 3D



Morphing 3D



10.2 Principales méthodes d'animation

- Animation basée sur la capture de mouvement
- Interpolation des formes (images clés)
- Interpolation paramétriques
- Animation procédurale

Animation par interpolation paramétrique

- Interpolation sur des paramètres prédéfinis
- Une entité est caractérisée par des paramètres (état)
- Fixe les paramètres à des instants donnés
- Valeurs intermédiaires sont calculées par interpolation
- Exemple : articulation d'un bras

Animation par interpolation paramétrique

- Choix des paramètres : angle, position, vitesse angulaire, ...
 - Agit sur la forme
 - Agit sur la continuité
 - Angles d'Euler : rotations non commutatives
- Choix de l'interpolation : linéaire, spline...
- Interpolation de spline
 - Contrôle de l'aspect de la courbe (vecteur nœud)
 - Adapté à certains mouvements (rebond, retard...)

10.2 Principales méthodes d'animation

- Animation basée sur la capture de mouvement
- Interpolation des formes (images clés)
- Interpolation paramétriques
- Animation procédurale

Animation procédurale

- Choix d'une fonction qui décrit le mouvement
- Choix de l'algorithme qui décrit la fonction
- Exemple : chute libre

$$y = H_0 - 1/2 * (m * V^2)$$

- Basée sur les lois physiques

Equations d'états

Méthode	Variables d'états	Loi d'évolution
Positions clés	sommets	interpolation linéaire interp. Spline autre
Paramétrique	paramètres	interpolation linéaire interp. Spline
Procédurale	paramètres	lois physiques

Animation de caméras et de lumières

- Mêmes techniques que pour les objets
- N'implique pas la même charge de calcul
- Mixages de 2 caméras : effets à reproduire
 - Fondu enchaîné,
 - Flou
- Evolution des sources au cours du temps : idem

10.3 Introduction aux corps articulés et acteurs de synthèse

- Contexte
 - Géométrie
 - Physique
 - Comportemental
 - Sociétal?
- Pluridisciplinaire
 - Mécanique
 - Robotique
 - Intelligence artificielle
 - Physiologique
 - Psychologique



Corps articulés et acteurs de synthèse

■ Corps et visage

- corps : degrés de liberté
- visage : musculaire



personnage 3D

■ Design

- Un personnage 3D doit être conçu sous tous les angles

Les points sensibles

- La chevelure : cheveux courts et gominés plus simples qu'une chevelure longue et souple!
- Le skinning : les personnages gros et musclés sont plus difficiles à concevoir et animer que les personnages maigres.
- Le visage : trouver l'expression neutre du visage

personnage 3D

■ Modélisation

- Références : photos, dessins anatomiques, scans 3D
- Position neutre : les bras à 45 degrés
- Type de modélisation :
 - NURBS : peu utilisées en France pour les personnages (complexe pour des personnages entiers, nécessaire pour Renderman)
 - Surfaces de subdivision : différents niveaux de hiérarchie pour les points de contrôle.
Généralement : tout est converti en polygone
- Prévoir animation : modéliser ce qui sera sujet à modification dans le temps (ex : les rides)

personnage 3D

■ Textures : habillage des acteurs

- Difficulté majeure : le mapping
- Grain de la texture : différent selon les parties du corps
- Étalonnage : style, couleurs, taille de la texture,...

■ Rendu : le rapport qualité/temps

- Ce qui est modélisé a un meilleur rendu que les textures.
- Illumination : réflexions, déflecteurs,
- Une source est généralement attachée à un personnage
- Calcul des ombres avec ajout de flou en post-traitement

personnage 3D

■ Définition du squelette (Rigging)

- Il existe beaucoup d'outils de définition de squelettes (Human IK sous 3DS, Advanced skeleton sous Maya)
- Répartition des rotations
- Taille des segments
- Nombres de subdivisions associées à un segment
- Hiérarchisation

personnage 3D

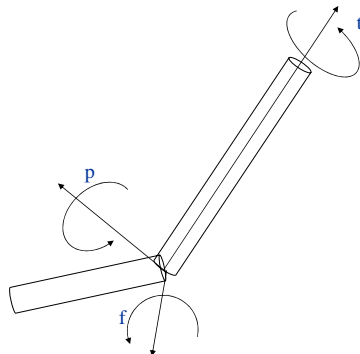
■ Animation

- Permet de valider le squelette
- Attention à la musculature !
- Choix des cinématiques (marche des jambes : cinématique inverse, bras : cinématique directe). Eventuellement, combinaison des deux.
- Eviter les aspects robotiques : ajouter un peu de retard sur les mouvements induits, ajouter du bruit sur la direction du regard, clignements d'un œil décalé de 2 frames par rapport à l'autre...

Définition et animation de squelette

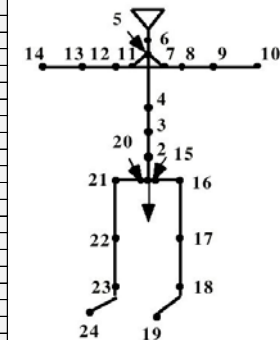
■ Définition d'un squelette

- segments connectés
- connexion : articulation
 - flexion : f
 - pivot : p
 - twisting : t

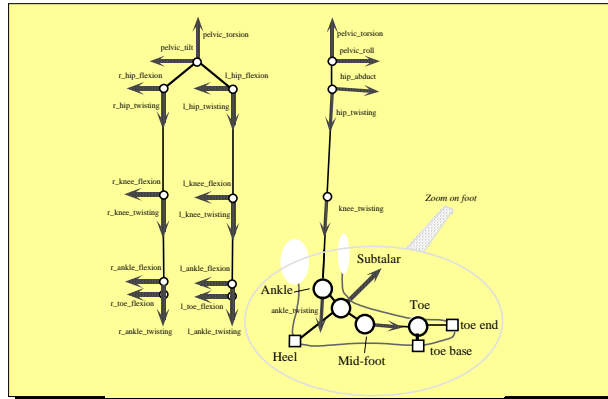


Définition d'un squelette

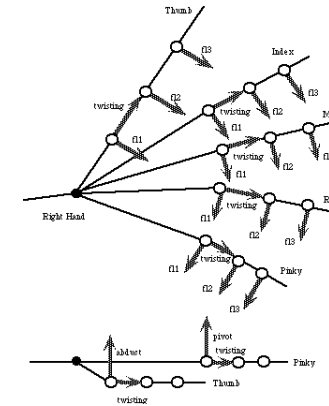
Nom	Numéro	Angles
vertèbre 1	2	FTP
vertèbre 2	3	FTP
vertèbre 3	4	FTP
vertèbre 4	5	FTP
vertèbre 5	6	FTP
clavicule gauche	7	FP
clavicule droite	11	FP
épaule gauche	8	FTP
épaule droite	12	FTP
coude gauche	9	FT
coude droit	13	FT
poignet gauche	10	FP
poignet droit	14	FP
hanche gauche	15	F
hanche droite	20	F
cuisse gauche	16	FTP
cuisse droite	21	FTP
genou gauche	17	F
genou droit	22	F
cheville gauche	18	F
cheville droite	23	F
talon gauche	19	F
talon droit	24	F



Paramètres pour le bas du corps



Paramètres pour la main



Animation : mouvements à la main

- Mouvement "à la main"
 - capture de mouvement
 - position-clés (paramétrique)



Motion capture



Animation : mouvements à la main

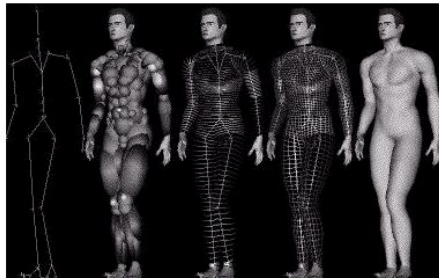
- paramètres : angles
 - spécifier des angles à des instants donnés
 - applique une méthode d'interpolation
- définition de points fixes
 - points non animés pendant une séquence
- prise en compte de l'interaction avec l'environnement
 - détection et évitement d'obstacles
 - simulation de la préhension d'objets

Animation : contrôle automatique

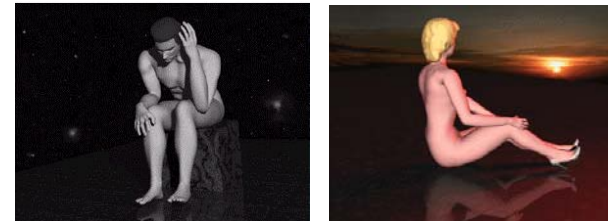
- Contrôle automatique de mouvement
 - niveau fonctionnel
 - animation par tâches
 - animation comportementale
- Domaines concernées
 - robotique
 - intelligence artificielle
- 5 étapes
 - cinématique inverse et contraintes
 - dynamique
 - interaction avec l'environnement
 - animation de niveau tâche
 - animation comportementale

Déformation du corps (Shen - epfl)

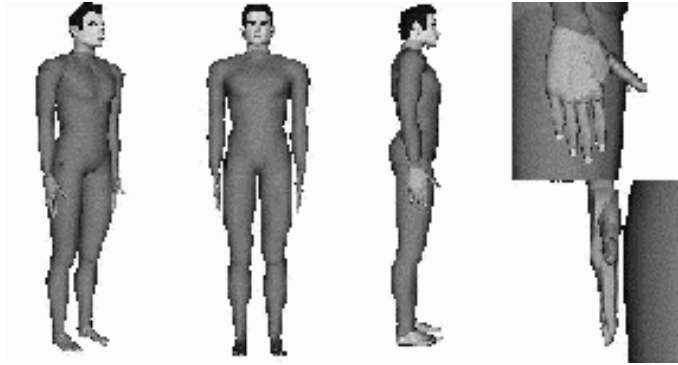
- Squelette
- Enveloppe (métaballes)
- Calcul de sections
- Surface B-Splines
- Texture



Déformation du corps

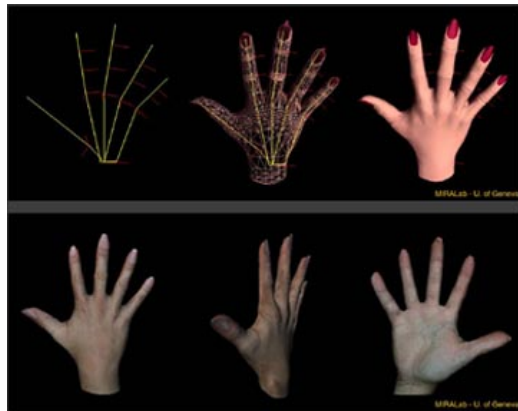
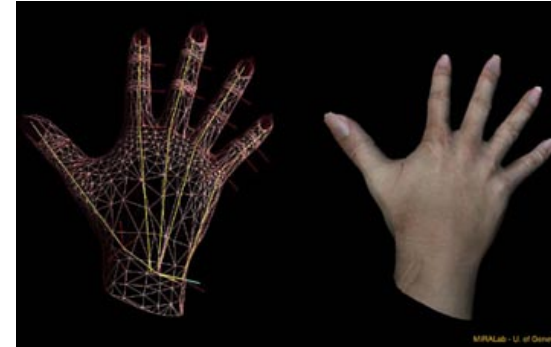


Posture par défaut

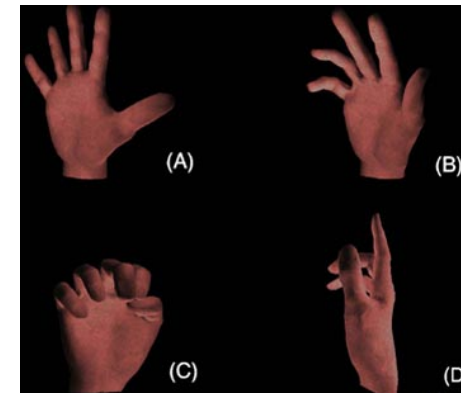


Squelette, maillage et texture de la main

Miralab (Genève)



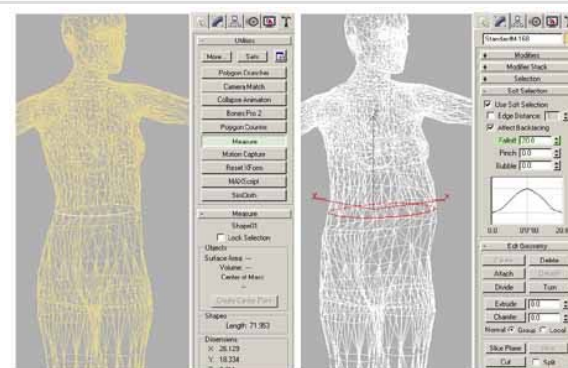
Postures de la main



Making of...



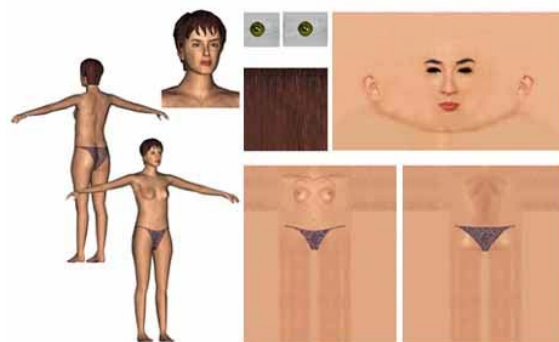
Making of...



Measure the length of the contour

Scale the contour with area of influence

Making of...



The texture

Résultat



Cinématique directe et inverse

■ Cinématique directe

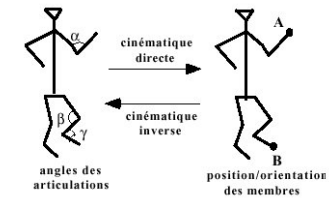
- articulations
- liens
- rotations
- translations

■ Animation paramétrique

- cas particulier de la cinématique directe
- trouver la position et l'orientation d'un manipulateur
- fonction du temps sans tenir compte des forces et des moments causant le mouvement
- $R = f(\theta)$
 $R = (x, y, z, \rho, \theta, \psi)$
 $\theta = (\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6)$

Cinématique inverse

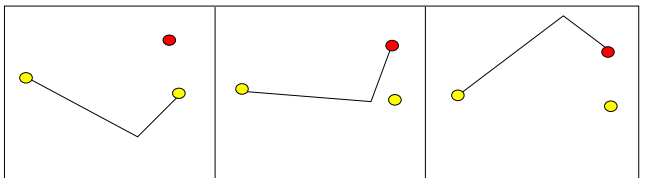
- Contrôle des extrémités
- puis déterminer les variables d'articulation
- pas de solution générale
- cas limités (bras+poignet)
- système complexe non résolu
 - mise en jeu de l'épaule et des doigts



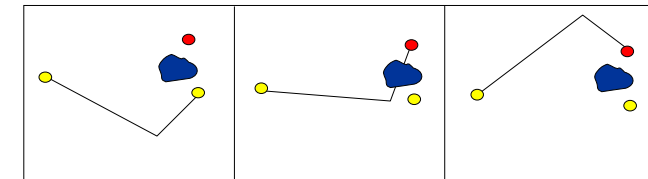
Cinématique inverse

■ Problème de redondance

- plusieurs solutions
- choix multiples
- informations supplémentaires
- obstacles



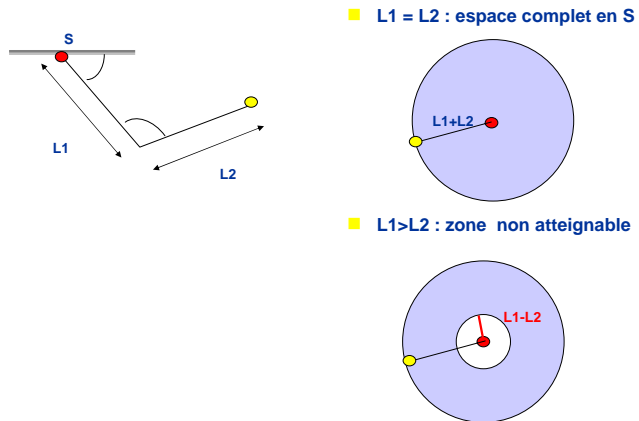
Cinématique inverse



■ Cas général

- N degrés de liberté
- nombres de solutions : 2^N

Problème d'accès



Contraintes cinématique

- Contraintes sur les positions terminales
- Contraintes sur les angles
- Contraintes sur les trajectoires

Simulations dynamiques

■ Principe de la dynamique

- prise en compte des forces et des moments de force
- accélérations linéaires et angulaires
- équation de la dynamique du mouvement
- propriétés de masse des objets

■ Conséquences

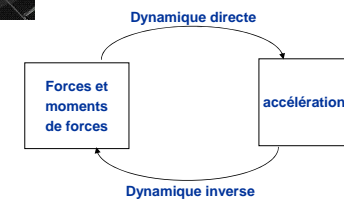
- plus réaliste
- plus de liberté pour l'animateur
- moins intuitif
- paramètres difficiles à ajuster

Simulations dynamiques



■ Dynamique directe

■ Dynamique inverse



Simulations dynamiques

■ Méthodes

- méthodes sans contraintes
- méthodes avec contraintes
 - contraintes énergétiques
 - contraintes dynamiques
 - contraintes espace-temps

■ Techniques

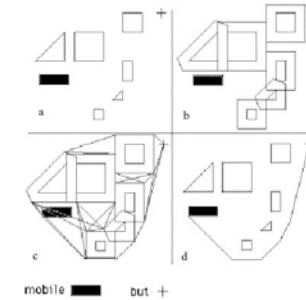
- formulation de Newton-Euler (corps rigides)
- formulation de Lagrange
- optimisation

Impact de l'environnement

■ Planification de trajectoires

■ Evitement d'obstacles

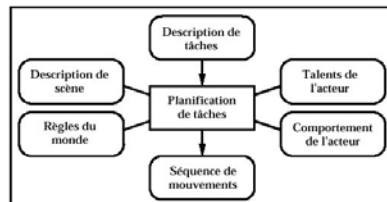
- robotique mobile



Animation au niveau tâche

■ Planification de tâches

- description de scène (topologie)
- monde virtuel (marche -> debout)
- comportement (style)
- mouvements élémentaires



Niveau tâche

■ Exemple : répondre au téléphone

- actions élémentaires
 - se lever de la chaise
 - déterminer une trajectoire (évitement d'obstacles)
 - marcher selon cette trajectoire
 - déterminer une trajectoire pour la préhension du récepteur
 - saisir le récepteur
 - répondre

■ Conception de langages de spécification de tâche

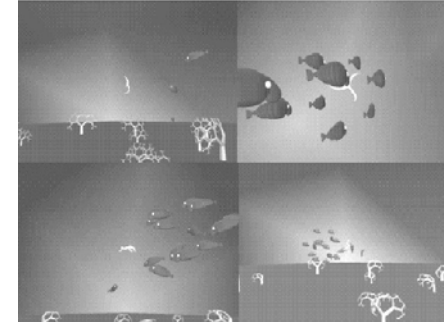
- dépend du niveau de description
- génération de code

Monstres et Cie (Pixar)



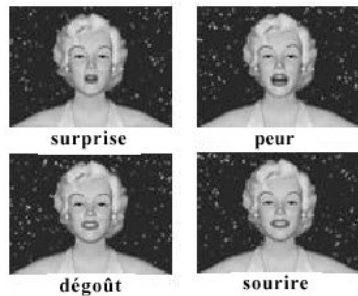
Animation comportementale

- vie artificielle
- interaction entre les acteurs
- comportement du groupe
- comportement individuel



Animation du visage

- Expressions liées à la parole (phonèmes)
- autres expressions (émotions, peur, sourire...)
- expressions statiques
- aspect temporels



Travaux sur l'animation faciale

- Liés à la détection d'expressions en traitement d'images
 - projets Européens
- liés au travaux sur MPEG 4
 - télécommunications
 - codage et transmission
- Domaines d'application
 - télé-présence
 - vidéo conférence
 - jeux...

Animation du visage

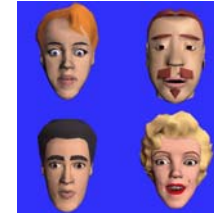
- 3 ensembles de paramètres utilisés pour la description et l'animation du visage

- Facial Definition Parameters (FDPs)
- Facial Animation Parameters (FAPs)
- Facial Interpolation Transform (FIT)

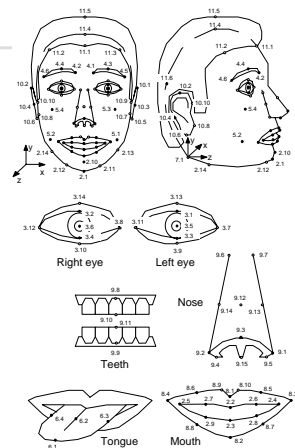
Facial Definition Parameters - FDPs

- Definition du visage à partir de :

- 3D feature points
- 3D mesh/scene graph
- Face Texture
- Face Animation Table (FAT)



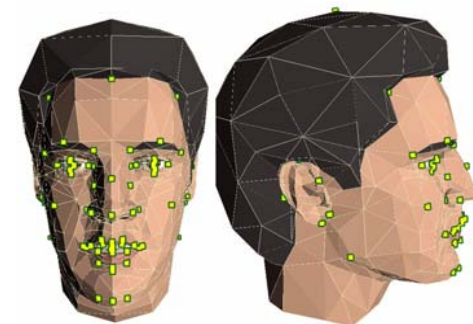
Points caractéristiques



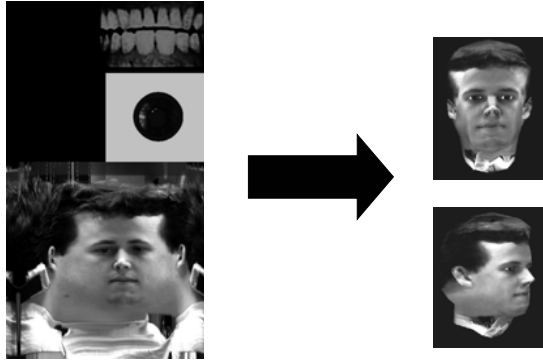
• Feature points affected by FAPs
• Other feature points
Relations with MPEG-4

71

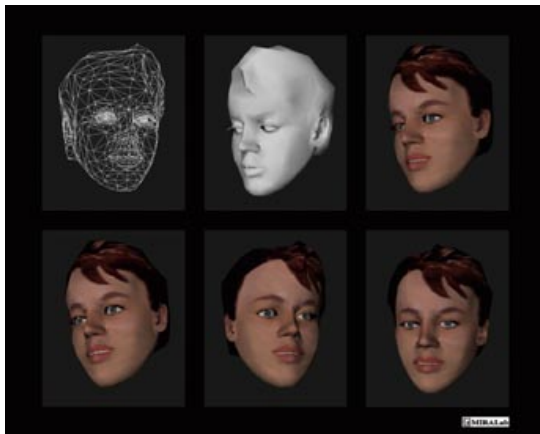
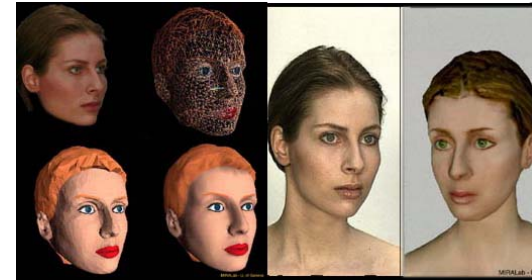
Maillage 3D et points caractéristiques



Texture



Résultat





Exemple

Fête de la science 2004 - UTC
Travaux de Frank Davoine (Heudiasyc)



Exemple

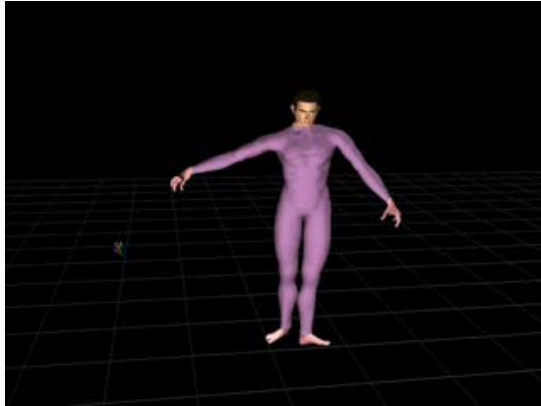
Fête de la science 2004 - UTC
Travaux de Frank Davoine (Heudiasyc)



Il y a quelque temps



Pas de danse (Epfl)



Paf Le Moustique



Alien Song



Animation de personnages

- Shrek